

# 地球環境研究や環境技術のあり方について

近藤次郎（社団法人国際環境研究協会会長）

## 1. はじめに

環境庁では、長官の諮問機関として、平成8年4月から「今後の環境研究・環境技術のあり方に関する検討会」（座長 近藤次郎）を設置して、この問題について審議を行ってきた。1997年6月ようやくその成案を作ることができた。図1は検討会および分科会の構成を示す。

## 2. 環境問題

環境研究というのは極めて幅が広く、大袈裟に言えば、我々の周辺に起こっている全ての現象は環境である。しかし、いわゆる公害から始まって、特に環境と言われている問題は、人間の行為が原因となって大気、水質、生物、土壌などに及ぼす影響のことである。我が国では、1970年にいわゆる公害国会が成立して環境問題が大きな国民的関心事となった。実際、水俣病、四日市ぜんそく、光化学スモッグなどの大きな環境問題が次つぎに課題となった。

我が国は現在、いわゆる激しい公害問題は解決してきたが、特に1992年のリオ・サミット以来、地球環境問題が大きな関心事となってきた。

日本は四面を海にかこまれており、我が国から発生

する大気汚染は季節風によって移送されて北東太平洋に向かう。したがって、特に隣国との間で、いわゆる国境を越えた環境問題というのは発生していない。むしろ最近では、酸性雨などの影響が顕著になり、これらは急速に経済発展をする北東アジア諸国の影響であるとも言える。また、放射性廃棄物の問題では、日本海の北にあるウラジオストックからの海水汚染が著しく、それは日露2国間だけではなく、環日本海の自治体サミット\*注等において大きな課題となるであろう。

環境問題というのは、大気、水質、生物、土壌などの人類をめぐる全ての分野（圏）の大きな課題であるが、現在は問題が地球的規模と言われるように拡がっている。例えば、大気は地球を包んでおり、その中における二酸化炭素の濃度は、化石燃料の使用の増大に伴って著しく増えている。その結果として、地球の気候変動が大きな課題となっている。さらに、水質については海洋汚染の問題がある。世界中の海岸にある珊瑚礁は最近になってそれらが著しく衰退しており、サンゴが死滅する状況にあることが調査されている。これは珊瑚礁の白化現象と言われている。珊瑚礁は海の生物の産卵の場所として貴重な存在で、この白化現象は誠に憂うべき環境問題である。

水質についても同様であって、人間は水なくして生

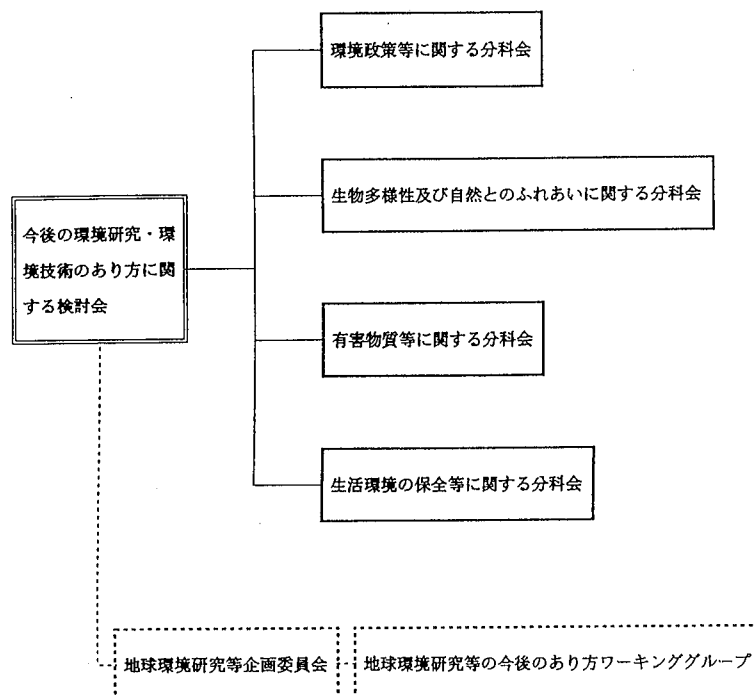


図1 検討会および分科会の構成

活することができないのにもかかわらず、水が上流の地域の汚染のために汚濁して、その影響が下流に及ぶことが問題になっている。日本は幸いにして国際河川の問題がないが、ヨーロッパにおいては大きな河川が全て国際河川であるので、これが極めて大きな国際課題となっている。例えば、1997年にはポーランドやハンガリー、東ドイツなどで、大洪水が夏に発生したが、これはこれらの地域の上流において、異常気象のために降雨量が極めて多くなって、その影響が下流に及んだものである。また、1886年のスイスのバーゼルの製薬工場から出た火災によってライン川全体が汚染し、下流のフランス、ドイツ、オランダ等のライン川の生態系に大きな影響を与えたという事実も記憶に新しいところである。

稀少生物がなくなっていく。例えば、パンダというかわいらしい生物は中国の四川省などに住む野性動物で、世界中の動物園で人気者になっているのはよく知られているとおりであるが、それが次第に絶滅の危機に瀕している。我が国においても1980年に国の名鳥であったトキが絶滅したという事が大きな話題となった。このように稀少な生物が失われていくのは人間の行為が生物の住む環境を大きく変えたからである。リオ・サミットでは生物多様性の保護に関する条約がこのために作られたほどである。

国際的に考えてみると、土壌喪失が大きな問題になっている。中国の黄河やアマゾンなどはその著しい例であるが、大量の土砂が流されて海に入っている。このようにして陸地の沃土が喪失されて、植物生産に適さない地域が拡がり、遂には砂漠化しているということにも関心を集めている。

環境問題というのは、これらの全ての問題であって、それらはひとつひとつ解決するのも極めて難しいが、全体的に関係がある。すなわち、食糧の問題が深刻になって、人類が森林を開伐すると、そこに住む生物の種が少なくなるなどというのはそのひとつの例に過ぎない。このように、森林の喪失と生物多様性とは密接に繋がっているが、森林はまた、二酸化炭素の大きな吸収源でもあるので、これは気候変動にも影響を及ぼしていることになる。さらにはこの中に住む生物の多様性にも関係するので、森林が減少する問題ひとつを取り上げても、これは地球環境問題と言われている非常に多くの分野に影響を与えていることになる。

### 3. 地球環境問題

地球規模の環境問題は、もちろん国内の公害問題よりは甚だ広いのは当然である。日本は四面を海に囲まれ、

国土の60%までは森林におおわれ、降水は急流となって流れて各地に景勝の地を作っている。小さな国ではあるが、北海道から沖縄まで地形の変化に富んでおり、その上気候が温和で、四季の植生の変化も美しく、誠に美しい国である。

しかしながら、地球は日本の国土の面積と比べてみると極めて大きい。地球表面積に比べて日本の国土はわずかに0.7%にすぎない。したがって、我々が地球環境について関心があることといっても、その認識は極めて限られている。一方、地球環境問題ということになると、南極の上空におけるオゾン層の破壊の問題から、ブラジルやマレーシアなどの熱帯雨林の中における植物や生物の生存の状況などなど、通常の日本人の行動範囲の外にある問題も極めて大きい。それでも地球環境の問題について、我が国としても取り組む必要がある。

気候変動、海洋汚染、生物多様性の保存、森林保全など国際的な協力を必要とする課題が少なくない。経済大国かつ技術先進国として、我が国の地球環境問題への貢献には国際的に大きな期待がかけられている。このような状況のもとにおいて、環境の科学的な研究や技術的な課題は極めて大きいものがある。それらは特に、国際協力の名の下に、日本としてしかるべき貢献が期待されているものである。

しかしながら、前に述べたように我が国の科学者の活動範囲は限られており、現在までのところ、その成果は国際的な評価を得るといってまでに至っていないのは誠に残念である。

およそ環境の研究では、まず最初に科学者が地球の変化について正しく認識し、その将来の変化についてのできるだけ正確な情報を社会に提供し、いやしくも人類の生存に影響を及ぼすような危険が予測された場合には、これに対して的確な警告を発することが義務である。

一方技術は、これらの環境の変化を防止し、持続的な発展を保証するために人類にとって好都合な技術革新の道を開き、それによって地球環境の破滅を防止し、その保全を図ることが必要である。

この科学と技術とは時としては必ずしも整合性がないが、我が国の公害克服の歴史を見てもわかるとおり、日本は大気汚染防止、水質汚濁防止など公害防止技術において先端的な技術開発を70年代に行い、それによって60年代の激しい公害を克服したという実績を持っている。

技術者はいやしくも環境の予測が科学者によって正確にできればそれに対応して各種の技術革新を行い、破局を未然に克服することができるものと信じている。但し、水俣病の例に明らかなごとく、予防保全コストは環境復

元費用に比べて時には100分の1で、そのためには環境の予測を精密に行い、その中に含まれている不確実性をできるだけ少なくして、正確な環境の予測を行うことが必要である。

しかるに、環境の問題は極めて複雑に関係しあっている。例えば人口が増加すると食糧の必要から森林を牧場や耕地に変更する必要があるが、そのようにすれば二酸化炭素の吸収源が失われる。人口が増えると人間活動の影響で有害物質が排出され、それが生物の多様性などに影響を及ぼす。人々は全て文化的な生活を営みたいと考えている。言葉を換えれば生活水準を上げたいと願っている。そのような基本的な欲求を満たすためには、多くのエネルギーを使わなければならない。そのエネルギーを従来型の化石燃料、すなわち石炭、石油、天然ガスなどに依存するとすると、大気中の二酸化炭素の濃度が増大する。それについては地球上各地点で測定が行われており、何処でも明らかな二酸化炭素濃度の増大が観測されている。このように気候変動の影響は地球規模で拡がっており、かつその上に互いに関連しあっている。

ここでいちいち細かいことは説明が難しいが、それよりも図2はこれらの地球規模の環境問題について原因と結果の関連を明らかにするPDPC法を用いて表示したものである。図を簡潔にするために、複雑な線の結びつきを省略してあるが、実線は左から右、上から下への移行を表し、点線は全てその逆で、右から左、下から上への移行を表している。線の交わったところは、合流または分流の意味で、分流点が白丸、合流点は黒丸で示している。このような図示の方法によれば、図の見方が単純で、

複雑な因果関係をわかり易く表現することができるであろう。

いずれにしてもこのように、地球環境問題というのは相互に関係しあっているものであるから、科学的な見方としては総合的に理解することが必要である。

しかしながら、一方において、技術的な解決の立場に立てば、これらのどの分野についても個別的に解決することができれば、それは地球環境問題の解決に総合的に貢献することは図に示されたとおり明らかである。

このたび、「今後の環境研究・環境技術のあり方に関する研究会」では問題を図に示すごとく、研究面と対象分野面とに分けて、表1のように環境保全にかかわる活動内容に対応した分類と目的および問題事象の分類とに分け、個々の個別的な問題がどの分野のどの研究に分類されるかということを示した。

表1は研究環境の分類として2次元の表にしたものである。環境保全にかかわる活動内容等に対応した分類Iとしては、調査研究、技術開発、横断的事項という3つにして、それを10の項目に分けて示してある。IIとしては、縦の分類として、環境保全全般、地球環境の保全、生物多様性関係、健康などの分野に分けて7つに分類している。そこで結局、Iは方法で、IIは分野で、方法と分野の両側面からある研究がどのコマに属するか認識する時に役に立つであろう。

地球環境問題は極めて広範であるので、地学、物理学、化学等々いろいろな科学的な手段をもって解明が進められているのは当然である。しかし個々の研究については全般的な位置づけを認識していることが極めて大事であ

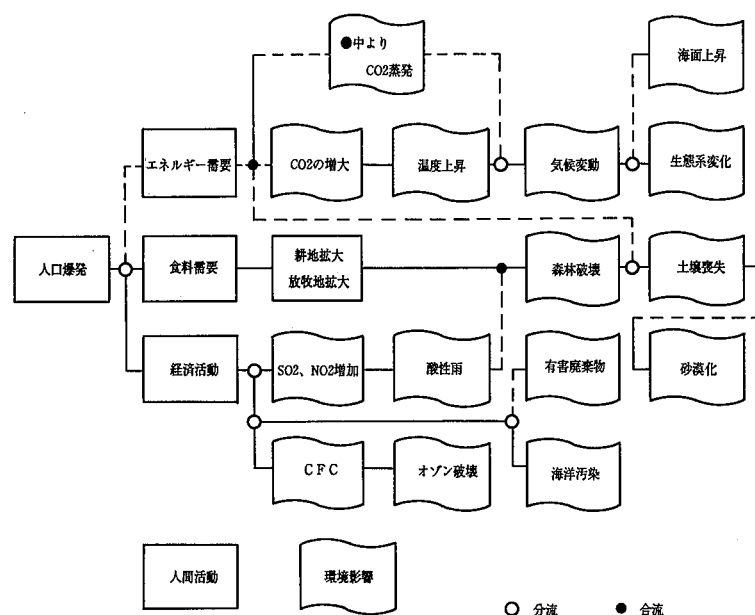


図2 地球環境問題の因果関係

表1 環境研究・環境技術の分類

I 環境保全に係る活動の内容等に対応した分類		II 目的及び問題事象別の分類	1 環境保全全般	2 地球環境の保全	生物多様性の保全		国民の健康で文化的な生活の確保		
					3 生態系の保全	4 野生生物の種の保全	5 有害物質等の環境影響防止	6 生活環境の保全及び快適環境の整備	7 自然とのふれあい
調査研究	A 監視・観測								
	B 現象解明								
	C 定量化・予測								
	D 影響評価等								
	E 政策研究等								
技術開発	F 低負荷型システム化								
	G 処理・処分・除去・影響軽減								
	H 環境改善・修復・整備								
横断事項	I 基盤研究・基盤技術								
	J 体制整備等								

る。そのような注意が十分に行われていないと、それは研究としては極めて価値の高いものであっても、地球環境問題の解決には必ずしも十分には役立たないということがありうるかもしれない。これが科学者にとって環境問題を対象とする時に極めて大きな注意事項となるものである。

さて、表1は環境問題を2次元的な枠組みで示した。そして図2で地球環境問題の因果関係を、原因と影響がダイナミックに関係する様子を示しておいたが、これは一種の動画のようなものであって、地球環境研究と言ってもその全てを研究している人はそう数多くない。例えば、地球の温暖化問題に取り組んでいる人は、必ずしも生物多様性の解明を重点的に取り上げているのではない。また、エネルギー問題から地球環境問題にアプローチしている人は、環境の総合管理、あるいは政策手段、低付加型の社会の構築という対策を目指しているかもしれない。

そこで、図3の「今後の環境研究・環境技術の重点目

標」では、研究の多角的な地図を作り、自分の研究がどの位置であるかを認識できるようにした。3個の同心円上に7、5、4個のコマを配置し、中心に4個の課題を置いたものである。まず狙いがどの辺にあるかを外の円の上の四角で示してある。次に、基本的な視点として、複雑性や不確実性への挑戦をしてできるだけ正確な予測ができるようにしようという研究もあれば、いわゆるカオスという視点で問題にアプローチしようという人もいる。日本は地理的な条件から隣国を対象とする国際貢献に重点を置くべきだという取り組みもあれば、新たな価値観を創造してライフスタイルを改めるべきであるというアプローチもあるであろう。もうひと皮剥いて、環境問題としては地球環境問題、より身近な日常生活に関係の深い、いわゆる公害問題、さらに深く、健康の問題、それから、人間から、あるいは人間を含んで生物全てに影響の及ぶ問題、という視点がある。そして、中心的には人口の増加、物質エネルギー資源の使用の増大、都市化の進行、人間活

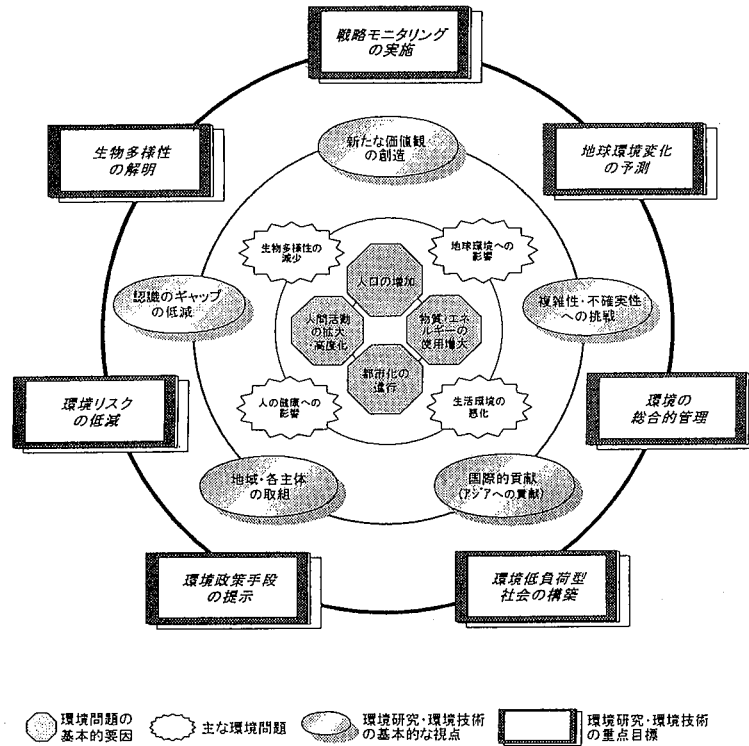


図3 今後の環境研究・環境技術の重点目標

動の拡大・高度化（したがって影響する範囲の拡大化）という視点がある。

そこで、現在自分が取り組んでいる課題、その課題がこれらのどれに相当するかというところを色づけでもしてみると、隣接の研究との相互関係がわかる。環境リスクの低減という問題に取り組んでいる研究者が、全然哲学的な新しい価値観の創造という問題に取り組んでいる人と意外と近い、あるいは共通な問題、すなわち人間活動の拡大・高度化が根本にあることに気がつき、人間活動が生物に大きな影響を与えていることに気がついていないというような場合もあるであろう。そのような考え方をすると、環境リスクの低減と戦略モニタリングの関係がより近くなるであろう。

これは前に述べた図2よりはその完全さを求め、あらゆる環境に関連のある問題をカバーしようとしたために若干難しいところもあるが、まずまず少なくとも自分が取り組んでいる研究がその目標、基本的な視点、環境の問題、具体的課題、そして根本要因としてどの辺にあるかということになるべく同じ要素が拡がらないように図示したものである。この図面の上で、もちろんこれらの全てに関係があり、と言うのも次の世紀の人類の運命について関心があり、その立場で歴史的視点で過去を研究しているという場合もあろうし、この中のごく一部だけを中心に考えている都市化、健康、環境リスクというこ

とだけに関心があるという方もいるであろう。

#### 4. 地球研究を月面から

この図3は、地球環境問題に限らず、いわゆる環境問題全体を考慮に入れて描いたものであるが、地球問題を表題の地球環境問題に限るならば、やはりある程度対象から距離をとって、そして全体的に眺め、数学モデルで正確な予測をする。数学モデルとまでいかなくても少なくとも問題と要因とを結びつけて図2のような因果関係図を自ら作り、それから研究に取り組むことが必要であろう。

終わりに、この図4は、アポロ11号の月面到着の時のニール・アームストロングの活動の有名な写真を借りて描いたものであるが、頭の部分に相当するのが最近のコンピューターの画面と考えてよいであろう。ここで数学モデルで未来の予測結果が示されるものと考えて。地球が月面からは逆に月のように見えるはずであるが、その対象は日本を中心として太平洋及びアジア地域などが大きな対象となるであろうからより強い関心をもつ地域となるであろうからその様なことを示していると考えていただきたい。もちろん満月？に近く全地球であってもよい。

この地球環境技術の検討会は、図1に示すように全体の委員会に4つの分科会を付置し、さらに地球環境で独

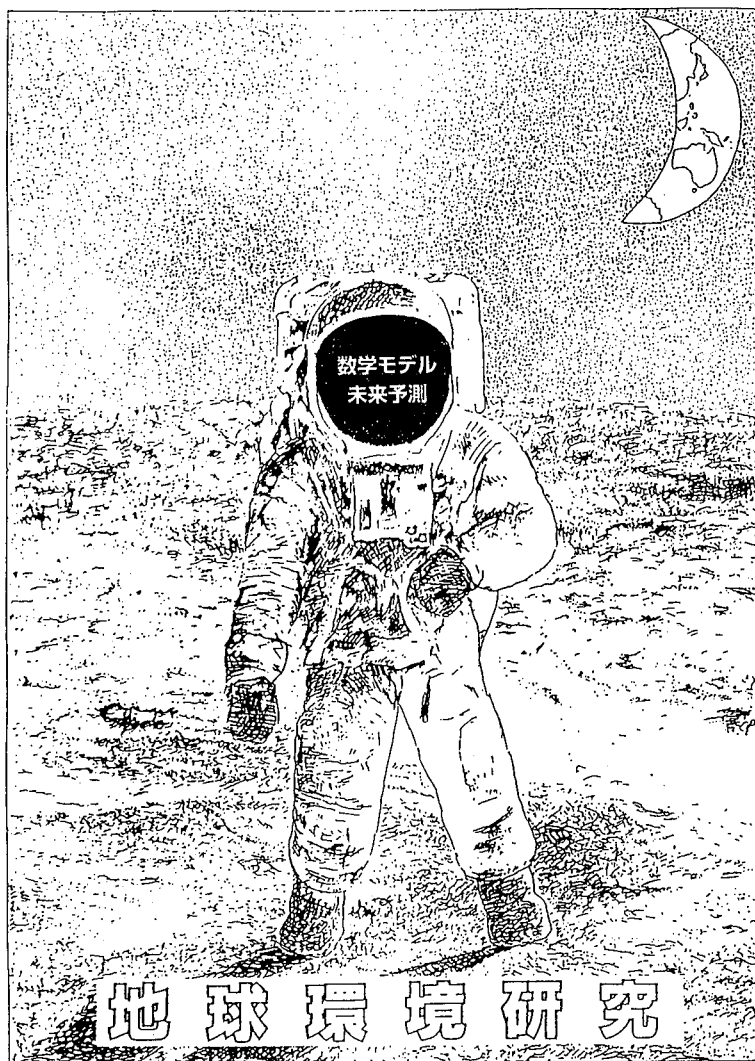


図4 日本の地球環境研究

自に研究している委員会やワーキング・グループとも連絡を取りながらまとめたものである。それぞれの分科会の委員長は何度も会合を催して、1年余にわたって努力した。それを全体会議で検討し、最終的に研究報告書としてまとめたものである。最後に、本研究に参加、協力された多くの委員の方々に深く感謝申し上げる次第であ

る。また、本委員会の事務局として協力された環境庁企画調整局の諸君の労に感謝する。

脚注

\*注 1997年7月22日、富山市で第1回環日本海自治体サミットが行われた。